



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112180317 A

(43) 申请公布日 2021.01.05

(21) 申请号 202010947775.5

(22) 申请日 2020.09.10

(71) 申请人 中国石油大学(华东)

地址 257000 山东省东营市北二路271号

(72) 发明人 陈海华 张玉成 周荣荣 张景尧

(74) 专利代理机构 北京卓特专利代理事务所

(普通合伙) 11572

代理人 段宇

(51) Int. Cl.

G01S 1/08 (2006.01)

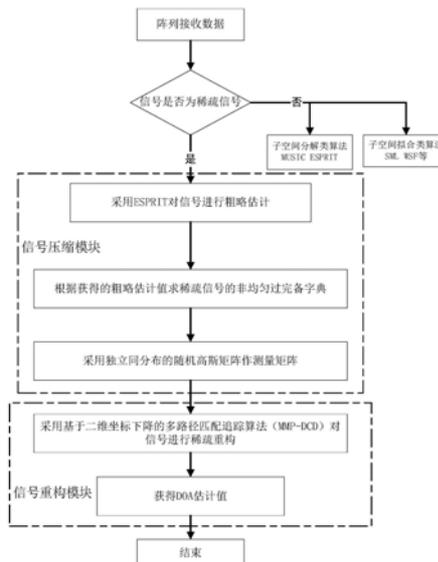
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法

(57) 摘要

本发明涉及信号处理的技术领域,特别是涉及一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其能够有效的避免采用传统均匀过完备字典压缩感知算法计算复杂度高的缺点,同时大大的提高了DOA估计的精确度;本发明是由天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块组成的。



1. 一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其特征在于,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:

步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;

步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;

步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;

步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典,利用步骤3快速获得的DOA粗略估计值作为衡量值,在此值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,具体网格的粗细可以在实际操作中视情况变化。

步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;

步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值。

2. 如权利要求1所述的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其特征在于,其中所述信号为稀疏信号。

3. 如权利要求1所述的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其特征在于,其中所述噪声为任意噪声。

4. 如权利要求1所述的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其特征在于,其中所述天线阵列为任意阵列流型天线。

一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法

技术领域

[0001] 本发明涉及信号处理的技术领域,特别是涉及一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法。

背景技术

[0002] 阵列信号处理是信号处理领域内的一个重要分支,在近40年来得到了迅速的发展,其应用涉及雷达、通信、声纳、地震、勘探、射电天文以及生物医学工程等众多军事及国民经济领域。

[0003] 正如大家所熟悉的时域频谱是时域处理中的一个重要概念一样,空间谱是阵列信号处理中的一个重要概念。时域频谱表示信号在各个频率上的能量分布,而空间谱则表示信号在空间各个方向上的能量分布。因此,如果可以得到信号的“空间谱”,就能得到信号的波达方向,所以,空间谱通常称为波达方位(DOA)估计。

[0004] DOA估计算法以子空间分解和子空间拟合算法为主要流算法,但子空间分解和子空间拟合算法都是基于精准的统计特性,因此他们往往需要较大的快拍数据。为解决小快拍的情况,压缩感知是一种有力的手段。压缩感知理论指出,当信号具有稀疏特性时,可以通过线性观测将信号从高维空间映射到低维空间,获取的低维采样数据中有原始信号中绝大部分的信息。再通过信号重构方法从观测数据中精确地恢复原始信号。在这个过程中,信号的采集不再被Nyquist采样定律所制约,这样采集信号的前端系统的负担会大大减小。其在阵列信号处理中的应用也得到很好的发展,研究者们提出了许多基于压缩感知(稀疏恢复)思想的DOA估计算法,其中比较有代表的算法有SPICE和稀疏贝叶斯学习等。

[0005] 压缩感知理论也可以应用于水声DOA估计中。压缩感知将采样和压缩同时进行,使得信号的采样数据大幅度缩小,大大降低了满足Nyquist采样定理的测量数据的冗余性,大大减少了硬件设备的性能处理压力。

[0006] 传统的压缩感知主要有基于网格、非网格以及贝叶斯压缩框架的方法。但无论哪种框架都是基于过完备字典并涉及最优化问题。数据网格如果过细,则过完备字典非常大,整个计算复杂度非常高,数据网格如果过粗,则DOA估计精度会大大降低,甚至发生错误。因此,本发明提出一种基于先验知识的非均匀过完备字典设计方法。

[0007] 该方法的基本思想即基于先验知识,比如在小快拍条件下,利用MUSIC或者ESPRIT等技术,快速获得一个相对较粗略的DOA估计值,然后在该值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格(离该值越远,网格越粗),以此来产生非均匀的过完备字典(传统的过完备字典均为均匀网格)。该非均匀的过完备字典的好处是既大大缩减了过完备字典的“体量”,又能保证DOA的估计精度,同时还可以大大降低计算复杂度。

发明内容

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供一种能够有效的避免采用传统均匀过完备字典压缩感知算法计算复杂度高的缺点,同时大大的提高了DOA估计的精确度的基于先验知识

的非均匀过完备字典的DOA估计算法。

[0009] 本发明的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:

[0010] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;

[0011] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;

[0012] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;

[0013] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典,利用步骤3快速获得的DOA粗略估计值作为衡量值,在此值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,具体网格的粗细可以在实际操作中视情况变化。

[0014] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;

[0015] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值。

[0016] 本发明的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其中所述信号为稀疏信号。

[0017] 本发明的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其中所述噪声为任意噪声。

[0018] 本发明的一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,其中所述天线阵列为任意阵列流型天线。

[0019] 与现有技术相比本发明的有益效果为:能够有效的避免采用传统均匀过完备字典压缩感知算法计算复杂度高的缺点,同时大大的提高了DOA估计的精确度。

附图说明

[0020] 图1是阵列接收信号原理图;

[0021] 图2是基于先验知识的非均匀过完备字典的压缩感知的DOA估计方法的原理图;

[0022] 图3是稀疏信号均匀分布的过完备字典效果示意图;

[0023] 图4是基于先验知识的非均匀过完备字典效果示意图。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0025] 一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:

[0026] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;

[0027] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;

[0028] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;

[0029] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典;在步骤3得到的DOA粗略估计值附近生成

较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,以此来产生非均匀的过完备字典,其中来波信号 30° 为例,用ESPRIT算法得到粗略DOA估计值 31° ,则在 31° 附近以 0.5° 为间隔进行划分网格,在离 31° 的远处如 60° 附近以 5° 为间隔进行划分网格,离粗略DOA估计值 31° 越远,划分网格的间隔越大,从而形成基于先验知识的非均匀过完备字典;

[0030] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;

[0031] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值;

[0032] 本发明能够有效的避免采用传统均匀过完备字典压缩感知算法计算复杂度高的缺点,同时大大的提高了DOA估计的精确度。

[0033] 作为一种优选的技术方案,一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:

[0034] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;

[0035] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;

[0036] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;

[0037] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典;在步骤3得到的DOA粗略估计值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,以此来产生非均匀的过完备字典,其中来波信号 30° 为例,用ESPRIT算法得到粗略DOA估计值 31° ,则在 31° 附近以 0.5° 为间隔进行划分网格,在离 31° 的处如 60° 附近以 5° 为间隔进行划分网格,离粗略DOA估计值 31° 越远,划分网格的间隔越大,从而形成基于先验知识的非均匀过完备字典;

[0038] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;

[0039] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值。

[0040] 作为一种优选的技术方案,一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:

[0041] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;

[0042] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;

[0043] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;

[0044] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典;在步骤3得到的DOA粗略估计值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,以此来产生非均匀的过完备字典,其中来波信号 30° 为例,用ESPRIT算法得到粗略DOA估计值 31° ,则在 31° 附近以 0.5° 为间隔进行划分网格,在离 31° 的远处如 60° 附近以 5° 为间隔进行划分网格,离粗略DOA估计值 31° 越远,划分网格的间隔越大,从而形成基于先验知识的非均匀过完备字典;

- [0045] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;
- [0046] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值;
- [0047] 其中所述信号为稀疏信号。
- [0048] 作为一种优选的技术方案,一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:
- [0049] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;
- [0050] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;
- [0051] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;
- [0052] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典;在步骤3得到的DOA粗略估计值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,以此来产生非均匀的过完备字典,其中来波信号 30° 为例,用ESPRIT算法得到粗略DOA估计值 31° ,则在 31° 附近以 0.5° 为间隔进行划分网格,在离 31° 的远处如 60° 附近以 5° 为间隔进行划分网格,离粗略DOA估计值 31° 越远,划分网格的间隔越大,从而形成基于先验知识的非均匀过完备字典;
- [0053] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;
- [0054] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值;
- [0055] 其中所述噪声为任意噪声。
- [0056] 作为一种优选的技术方案,一种基于先验知识的非均匀过完备字典的DOA估计算法,包括天线阵列、稀疏信号压缩模块和信号重构模块;其中本发明的DOA估计算法步骤包括:
- [0057] 步骤1:根据阵列接收收据判断来波信号是否为稀疏信号;
- [0058] 步骤2:信号具有稀疏性时,对信号进行压缩感知算法的应用,其中信源数为M,阵元数为N,其中 $N > M$,N,M的取值大小可以根据实际情况自由调整;
- [0059] 步骤3:利用ROOT-MUSIC、ESPRIT或者其他可以快速获得DOA粗略估计值的算法得到来波信号的DOA的粗略估计值;
- [0060] 步骤4:求稀疏信号的非均匀过完备字典;在步骤3得到的DOA粗略估计值附近生成较为精细的网格,而远离该值的地方则生成较为粗的网格,并且离该值越远,网格越粗,以此来产生非均匀的过完备字典,其中来波信号 30° 为例,用ESPRIT算法得到粗略DOA估计值 31° ,则在 31° 附近以 0.5° 为间隔进行划分网格,在离 31° 的远处如 60° 附近以 5° 为间隔进行划分网格,离粗略DOA估计值 31° 越远,划分网格的间隔越大,从而形成基于先验知识的非均匀过完备字典;
- [0061] 步骤5:选取测量矩阵,如采用独立同分布的随机高斯矩阵作为测量矩阵;
- [0062] 步骤6:采用重构方法对信号进行稀疏重构,进而得到DOA估计值。
- [0063] 其中所述天线阵列为任意阵列流型天线。
- [0064] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变型,这些改进和变型

也应视为本发明的保护范围。

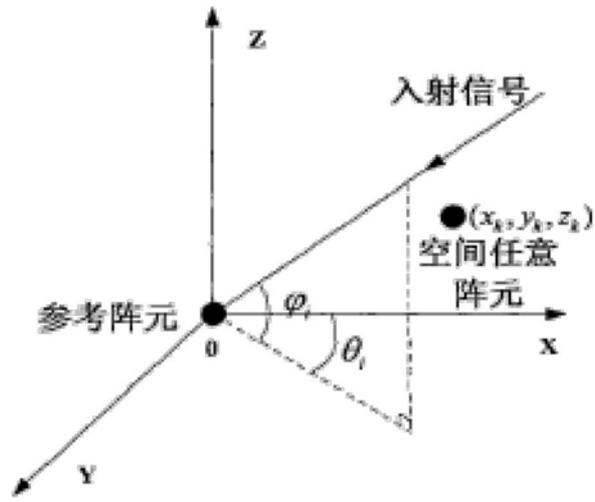


图1

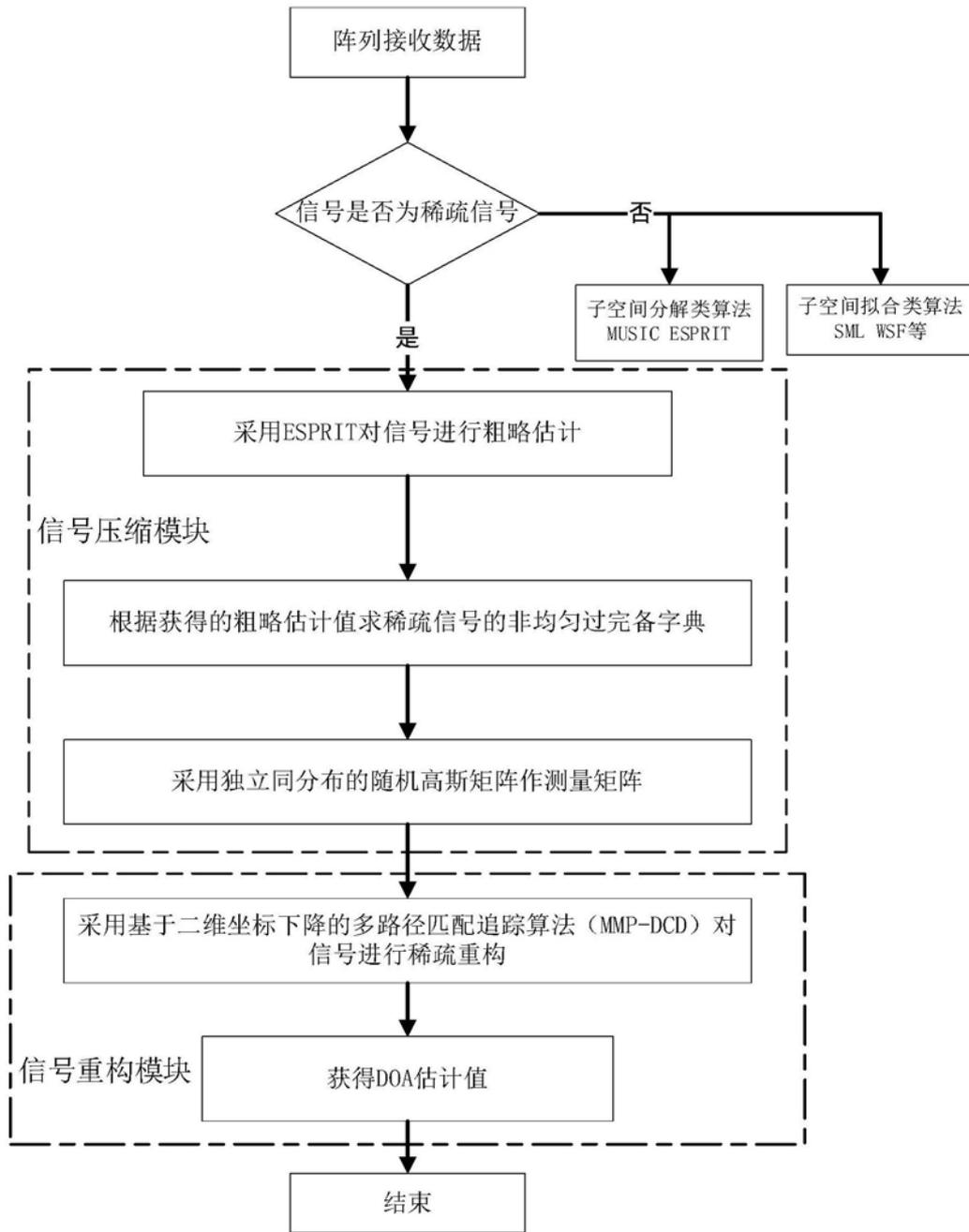


图2

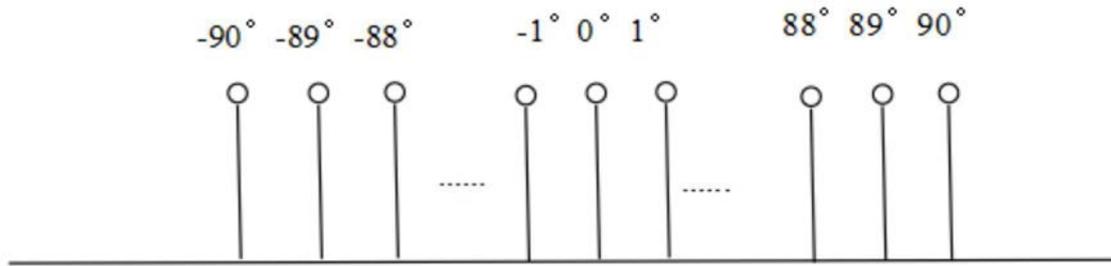


图3

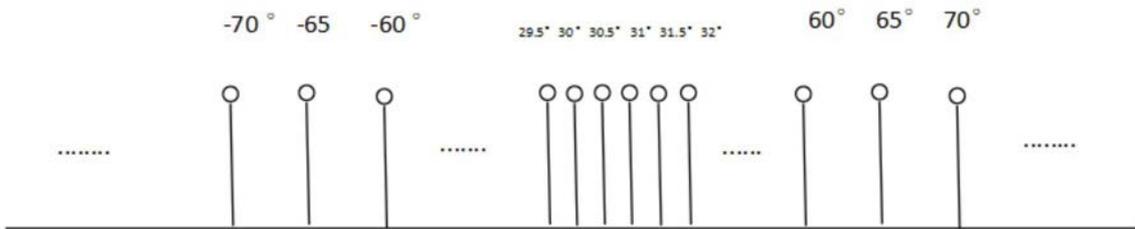


图4